



# Caracterización geoelectrica, hidrodinámica e hidroquímica del acuífero pampeano y su relación con el arroyo Pergamino, provincia de Buenos Aires

## Geoelectrical, hydrodynamic and hydrochemical characterization of the pampeano aquifer and its relation with Pergamino creek, province of Buenos Aires

Ruiz, María Soledad <sup>1</sup> ✉ - Perdomo, Santiago <sup>1,2</sup> - Calahorra Fuertes, Patricia <sup>1</sup> - Ainchil, Jerónimo <sup>1</sup> - Villarreal, Julio <sup>3</sup>

Recibido: 13 de diciembre de 2016 • Aceptado: 23 de diciembre de 2016

### Resumen

*La zona de Pergamino pertenece al sector noreste de la provincia de Buenos Aires, de gran importancia económica debido a la actividad agroindustrial y cuyo desarrollo depende fundamentalmente de la disponibilidad de recursos hídricos. El análisis de la relación agua superficial - subterránea en zonas de sobreexplotación constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones vinculadas a la gestión, el manejo y aprovechamiento sustentable del recurso. Con la finalidad de profundizar en el conocimiento de la relación existente entre el Arroyo Pergamino y el agua subterránea que caracteriza al acuífero Pampeano se diagramaron un conjunto de tareas que incluyeron la exploración del subsuelo mediante sondeos eléctricos verticales (SEV), el relevamiento y muestreo de una red de monitoreo, integrada por pozos ubicados en la zona urbana y rural; que fueron comparados con puntos de muestreo de agua superficial a largo del cauce del arroyo. Los resultados evidencian una superficie potenciométrica de morfología radial convergente, con dirección del flujo subterráneo hacia el curso de agua. La dinámica natural se encuentra puntualmente influenciada por el desarrollo de actividades antrópicas vinculadas al bombeo de pozos ubicados en la zona urbana, que generan una inversión del gradiente natural. Los valores analíticos indican una predominancia de aguas de composición bicarbonatada sódica, que hacia la zona urbana presenta características bicarbonatadas cloruradas sódicas, reflejando cierta similitud con el agua superficial del arroyo de composición netamente clorurada sódica y/o magnésica.*

**Palabras clave:** *Relación agua superficial-subterránea, Arroyo Pergamino, Acuífero Pampeano.*

1. Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Monteagudo 2772, Pergamino, 2700, Argentina. Tel: +54 2477 409500

✉ ruizsoledad@gmail.com

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de investigación y transferencia del noroeste de la provincia de Buenos Aires (CITNOBA)

3. Municipalidad de Pergamino. Dirección de Obras y Servicios Sanitarios.

## Abstract

Pergamino city is a very important agro industrial center of the northwestern region in the province of Buenos Aires. The development of these activities relies on the availability and access to water supply resources. The analysis of the relationship between superficial and groundwater in areas with high demands and even over exploitation, it is an important tool for making a sustainable use and management of water resources. The main objective of this work was to update and assess the relation between surface water from Pergamino creek and groundwater from the Pampeano-Puelche aquifer system. A geoelectric survey was performed using vertical electrical soundings (VES), groundwater samples were collected and depth of water was measured in wells distributed in rural and urban areas. Also samples from the creek were analyzed. Results showed that there is a radial convergent flow of water towards the creek. It was verified that pumping wells in the city modified the natural gradient. According to laboratory tests groundwater can be classified as sodium bicarbonate water, while in the city are more sodium bicarbonate chloride type. Similar characteristics were found in the Pergamino creek, which are sodium and magnesium chloride.

**Keywords:** Relationship surface water - groundwater, Pergamino creek, Pampeano aquifer.

### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En la región Pampeana, la principal fuente de agua para consumo humano, uso agrícola y ganadero lo constituye el sistema de acuíferos Pampeano-Puelche (Reynoso et al., 2010).

La actividad principal de la zona es la agricultura, con bajo porcentaje de riego por aspersión (Reynoso y Andriulo, 2009) y en menor medida la ganadería.

En particular, en el partido de Pergamino el acuífero Pampeano resulta la única fuente de provisión de agua dulce subterránea debido a que el acuífero Puelche presenta un elevado contenido salino que le otorga condiciones poco favorables para su utilización. La ciudad posee un parque industrial de 70 hectáreas sobre la margen del arroyo homónimo, junto a una planta de tratamiento de residuos y de aguas cloacales.

La presencia de elevadas concentraciones de arsénico y nitratos, relacionadas a factores naturales y antrópicos, define la calidad y aptitud del recurso subterráneo en el ámbito de estudio.

El arroyo Pergamino atraviesa el área en dirección noroeste-sureste, reviste carácter permanente y representa el único curso de importancia en la zona. Presenta un contenido salino relativamente alto, aunque se considera probable la existencia de procesos de dilución de sales debido al aporte de la freática a lo largo de su trayecto (Bertol de los Santos, 1988).

El objetivo del siguiente trabajo es la validación del modelo conceptual hidrogeológico de la zona próxima a la ciudad de Pergamino. Para este fin se realiza una prospección geoelectrica del sistema, y una caracterización geoquímica e hidrodinámica del agua subterránea y su vinculación con el agua superficial del arroyo Pergamino.

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio se localiza en la cuenca media del arroyo Pergamino, al noroeste de la provincia de Buenos Aires. Abarca un área aproximada de 500 km<sup>2</sup> que se extiende a partir de un radio de 10 km desde la ciudad homónima (Figura 1).

El clima es templado, con una temperatura media de 16 °C y una precipitación media anual de aproximadamente

970 mm, que definen períodos húmedos de 5 - 15 años y secos de 10 años (Sainato et al., 1997; Heredia, et al. 2010).

El arroyo Pergamino tiene su origen en los esteros del Juncal y adquiere su nombre a partir de la laguna El Pescado, desde la cual recorre aproximadamente 100 km hasta su desembocadura en el Río Arrecifes. En el transcurso recibe del aporte de pequeños cursos de carácter temporario (Botija y ChuChu) y permanente (Tambo Nuevo), al igual que efluentes de actividades agrícolas, urbanas e industriales desarrolladas a lo largo de sus márgenes (Heredia et al., 2010).

En relación a la región geomorfológica se ubica en la Llanura Pampeana, dentro de la subregión denominada Pampa Ondulada. Hacia el noreste se localizan los mayores valores de cota topográfica, del orden de 80 msnm, los cuales disminuyen hacia el oeste y sur, donde alcanzan 50 msnm definiendo una pendiente general igual o inferior al 2 %.

Los sedimentos que integran la columna estratigráfica se reconocen a través de un conjunto de perforaciones realizadas en la ciudad de Pergamino, por la Dirección de Obras y Servicios Sanitarios, y en las localidades de Acevedo y Guerrica, por la Dirección de Minas de la Provincia de Buenos Aires. Sobre la base de antecedentes referidos a Bertol de Santos (1987) y Santa Cruz (1988), se identifican materiales de edad terciaria y cuaternaria, integrados de base a techo por las siguientes formaciones:

- Formación Olivos o Mioceno Rojo: Areniscas arcillosas y arcillas arenosas rojizas de origen continental, con participación eólica y fluvial, que se disponen a una profundidad mayor a - 100 msnm (reconocido en la perforación hasta - 110 msnm).
- Formación Paraná o Mioceno Verde: Secuencia marina de arcillitas, arenas arcillosas y arenas con grava, de coloración verde azulada, con niveles calcáreos y yesíferos. Presenta un espesor variable de 70 m que se dispone a partir de - 30 msnm.
- Arenas Puelches: Arenas cuarzosas, medianas y finas de color amarillento y blanquecino, con espesores entre 10 m y 25 m, que se ubican a una profundidad de - 25 msnm.
- Sedimentos Pampeanos: Integrado por limo con fracciones subordinadas de arena y arcilla, de tonalidad cas-

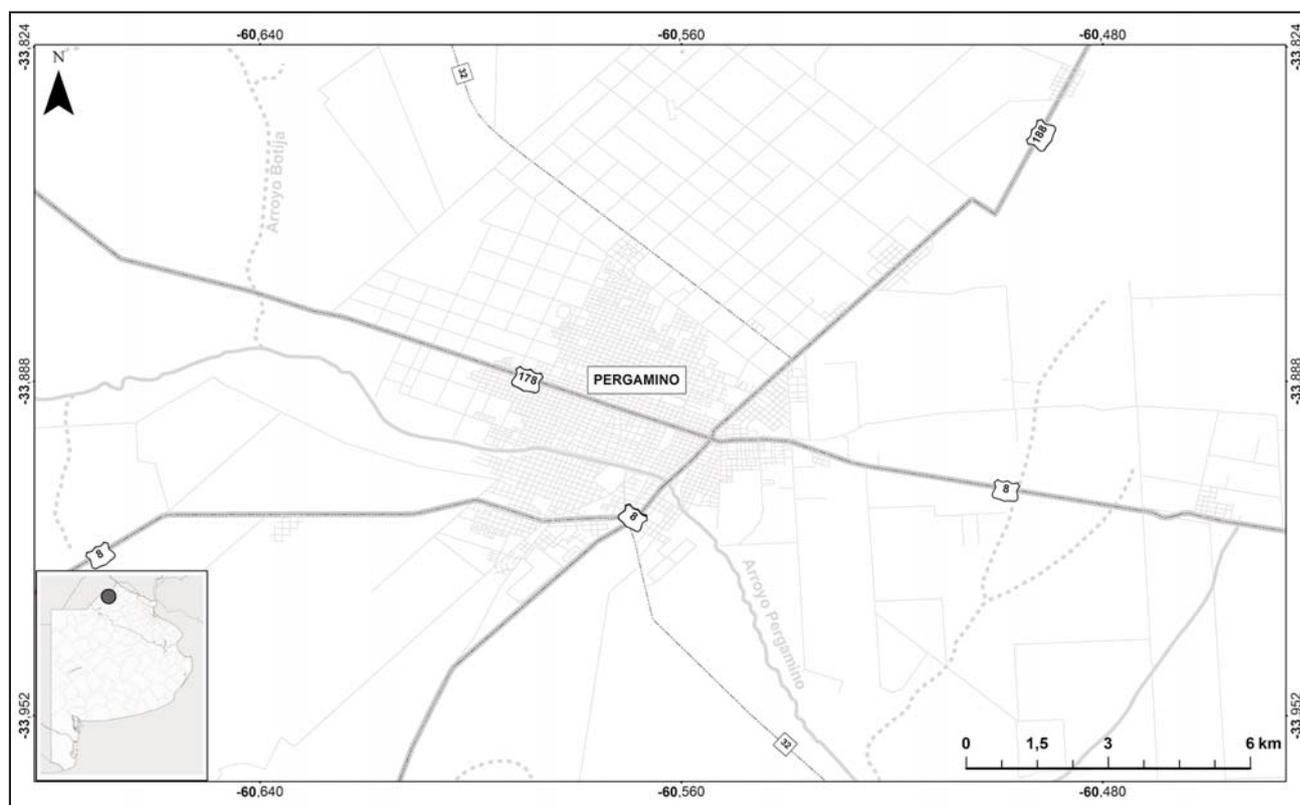


Figura 1. El área de estudio se ubica próxima a la ciudad de Pergamino, en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.

taño amarillento y castaño rojizo, e intercalaciones calcáreas en forma de nódulos o bancos continuos (tosca). Se extiende hasta una profundidad de aproximadamente -21,5 m en el ejido urbano, donde presenta un espesor variable que alcanza máximos de 95 m.

Hidrogeológicamente se reconoce la sección epiparariana, integrada por las Arenas Puelches, que definen un acuífero semiconfinado y los Sedimentos Pampeanos que contienen al acuífero libre y a otros de mayor profundidad, con carácter semiconfinado o semilibre.

Se reconoce que los Sedimentos Pampeanos presentan significativas variaciones laterales de espesor y granulometría las cuales definen los valores de transmisividad y conductividad hidráulica.

En igual sentido, Bertol de Santos (1987) reconoce la dificultad de correlacionar un horizonte definido en la dirección vertical y/o horizontal así como de encontrar un depósito de arcilla franca, de extensión areal y espesor apreciable, que confine los horizontes acuíferos alojados en estos sedimentos continentales.

#### METODOLOGÍA

En la primera etapa del estudio se midieron siete (7) sondeos eléctricos verticales (SEV) con un arreglo Schlumberger de 400 m de longitud. El procesamiento de los datos consiste en la obtención de un modelo inicial con el algoritmo de Zohdy (1989) y una reducción del número de capas del modelo utilizando los parámetros de Dar Zarrouk (Orellana, 1982). Para el cálculo de la resistividad aparente se utiliza el operador lineal

de Johansen (1975), que se considera suficiente para evaluar grandes contrastes en las resistividades.

Los modelos propuestos para cada SEV suponen que el subsuelo está estratificado con capas de espesor y resistividad constante. Cada modelo se atribuye al punto central del arreglo y los resultados de cada SEV se presentan a lo largo de un perfil para facilitar la interpretación.

En la segunda etapa del estudio se efectuó el relevamiento y monitoreo de 57 puntos distribuidos mayormente en la zona rural y en menor medida en la zona urbana, de los cuales se extrajeron 47 muestras de agua subterránea correspondientes al acuífero Pampeano y 1 al acuífero Puelche.

En relación al agua superficial, se recolectaron tres (3) muestras en la sección aguas arriba, en la zona urbana (central) y aguas abajo del ejido urbano (Figura 2), a partir de las cuales se definieron las características químicas del arroyo Pergamino. En comparación con antecedentes se reconocen variaciones en los resultados analíticos que indican una menor concentración salina del arroyo respecto a datos previos, situación que podría deberse a que el muestreo se llevó a cabo en una época de intensas lluvias.

Durante el relevamiento se determinaron la profundidad del agua, usos, frecuencia, profundidad final de la captación (pozo perforado, cavado, molino) y cuestiones relacionadas al diseño constructivo de la misma.

Sobre el conjunto de muestras enviadas al laboratorio se analizaron sólidos totales disueltos (TDS), iones mayoritarios ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), minoritarios y trazas ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ , As).

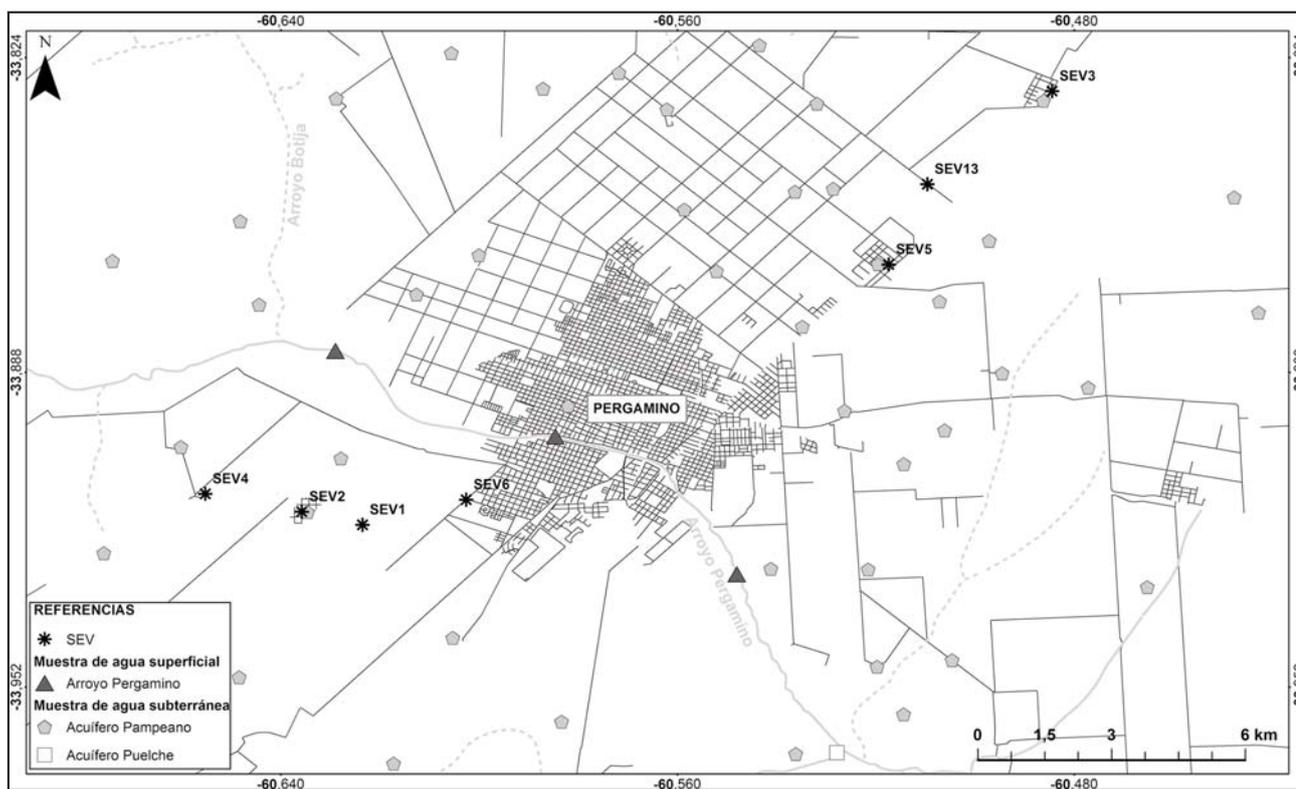


Figura 2. Mapa de ubicación de sondeos eléctricos verticales y puntos de muestreo de agua superficial/subterránea.

A partir de las cartas topográficas Pergamino, Juan Anchorena y Acevedo del IGN (Instituto Geográfico Nacional) a escala 1:50.000, de determinaron los valores de cota del terreno, que permitieron definir el potencial hidráulico y consecuentemente, la morfología de la superficie potenciométrica y dirección del flujo subterráneo.

Se elaboraron mapas de isocontenidos (TDS – Cl<sup>-1</sup>) e hidroquímico a partir de los diagramas (Piper Hill y Stiff) que facilitaron la interpretación y visualización de los datos analíticos.

## RESULTADOS

### Prospección geoelectrica

A continuación se analiza el modelo de resistividad propuesto para el SEV #6 (Figura 3), el cual se encuentra próximo a una perforación de 105 m de profundidad cuya descripción litológica sintética se presenta en la Tabla 1

Tabla 1. Parámetros del modelo geoelectrico (SEV #6) y descripción litológica del pozo próximo.

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm m)	Litología
1,5	16	Suelo vegetal
4	24	Limo arenoso con tosca
22	12	Limo arcilloso plástico
55	15	Limo arenoso fino toscoso
INF	3,3	Arcilla azul plástica

El modelo propuesto consta de 5 electrocapas y un error de ajuste del 2%. Las dos primeras capas de escasos metros de espesor caracterizan los sedimentos superficiales compuestos por limos con concreciones de tosca. Por debajo, y hasta los 22 m de profundidad, se observa una capa de 12 Ohm m de resistividad atribuible a limos arcillosos plásticos. Se continúa una electrocapa de 15 Ohm m, hasta los 55 m de profundidad donde se describe una sucesión de limo arenoso fino, limo toscoso muy consolidado y tosca calcárea muy consolidada. Finalmente, la base del modelo está representada por una electrocapa de baja resistividad (3,3 Ohm m), que estaría caracterizando la presencia de arcillas plásticas.

El acuífero Puelche se desarrolla desde los 90 m hasta los 105 m de profundidad, sin embargo debido a la elevada conductividad del agua no presenta contraste eléctrico con los sedimentos arcillosos de la base del Pampeano así como tampoco con el techo de la Formación Paraná.

La descripción enunciada se corresponde a un SEV característico de la zona, que permite realizar una interpretación precisa sobre el comportamiento eléctrico de los sedimentos señalados en los antecedentes. A partir de este análisis, se propone la integración de los modelos en dos perfiles de orientación oeste-este y suroeste-noreste a fin de estudiar la correlación entre SEV cercanos.

El siguiente perfil (Figura 4) integra los modelos de los SEV 4, 2, 1 y 6, alineados en dirección oeste-este, donde es posible correlacionar la base de baja resistividad que se desarrolla entre los 20 msnm y los 10 msnm.

Subyacente a la base conductiva se desarrolla una electrocapa de mayor resistividad que estaría caracterizando los Sedimentos Pampeanos más arenosos y con presencia de tosca,

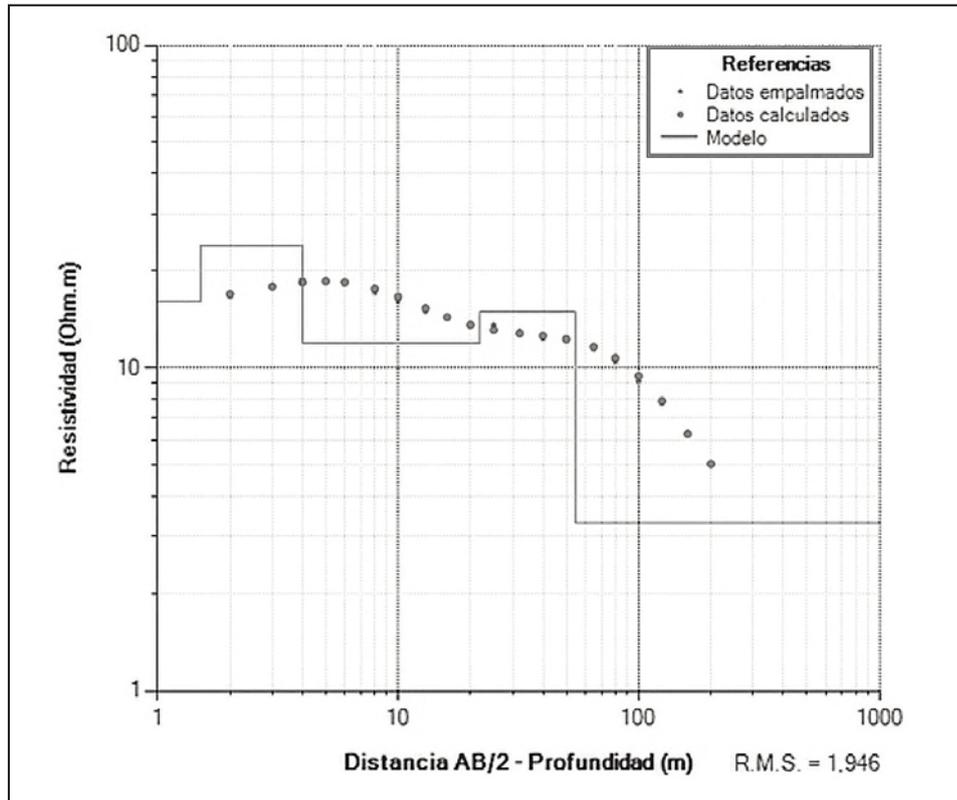


Figura 3. SEV #6: El modelo de resistividades y profundidades (trazos rectos) presenta un error de ajuste de 1,95% entre la curva de resistividad aparente de campo y la calculada.

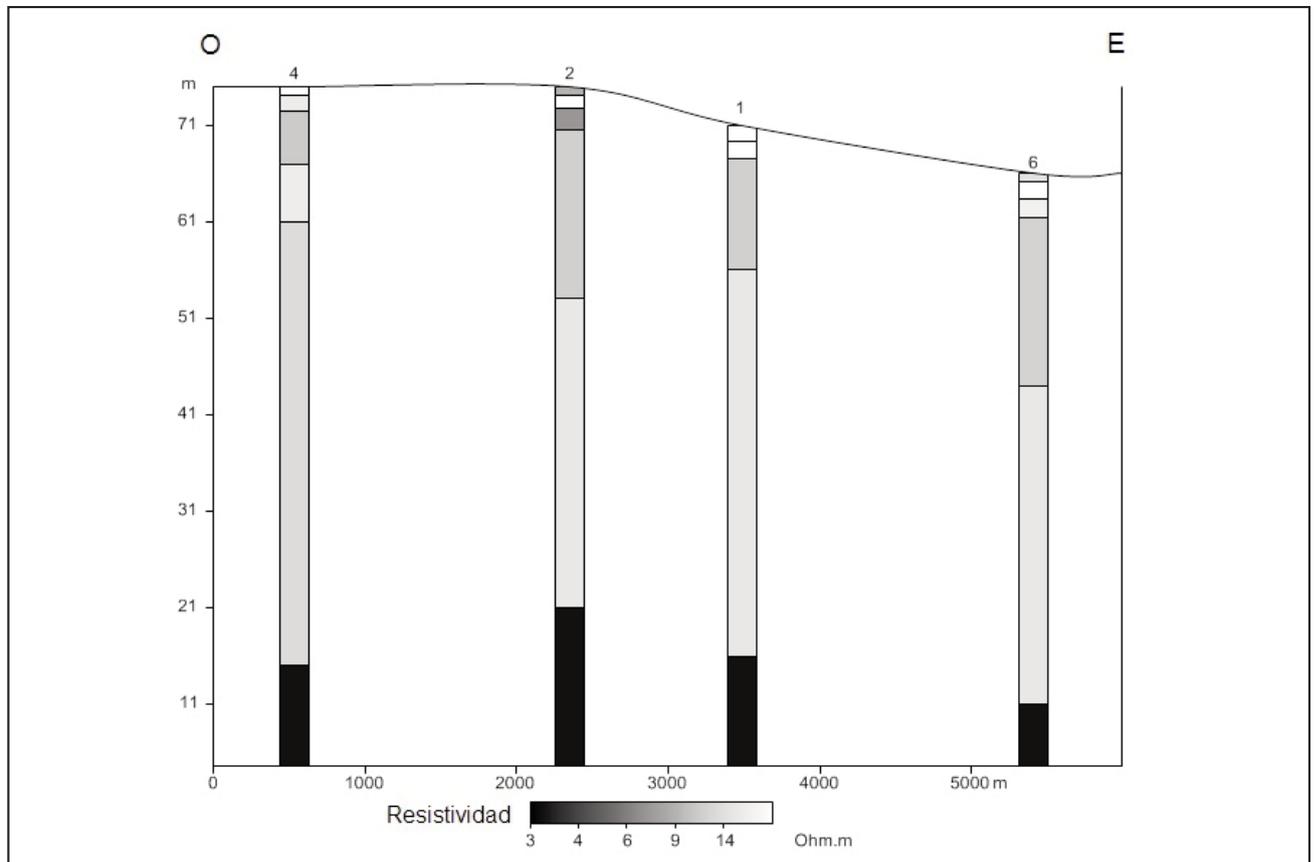


Figura 4. Modelos de SEV integrados en un perfil de dirección oeste-este. La base de baja resistividad indicaría el límite inferior de la zona explotable del acuífero Pampeano.

cuyo techo varía entre una cota de 61 msnm y 45 msnm. Hacia la superficie, los modelos difieren en el número de capas e incluso en los valores de resistividad asignados a cada una. Este resultado es concordante con las diferencias litológicas observadas en las perforaciones de la zona y con las observaciones enunciadas por *Bertol de Santos (1987)*. Se interpreta que las resistividades más bajas corresponderían a un mayor contenido de arcilla en los niveles de los Sedimentos Pampeanos.

El siguiente perfil integra los modelos de los SEV 6, 5, 7 y 3 a lo largo de aproximadamente 15.000 m (Figura 5). Las resistividades propuestas varían entre 3 Ohm m y 15 Ohm m.

En el perfil es posible reconocer la base de baja resistividad a una cota variable entre 10 msnm y 7 msnm. La electrocapa por encima de esta base presenta una mayor resistividad, con valores máximos de 30 Ohm m en el SEV 5, la cual correspondería a sectores con mayor contenido de niveles toscos en los Sedimentos Pampeanos. Subyacente se presenta una electrocapa con una resistividad levemente inferior, atribuible a sedimentos más finos. Al igual que en los modelos del perfil anterior, hacia la parte superficial se observan diferencias en el número electrocapas siendo difícil realizar una correlación lateral.

### Hidrodinámica

El nivel freático se localiza a una profundidad variable entre 1 mbbp y 8 mbbp. Los menores valores se localizan en la zona rural, mientras que en el entorno del ejido urbano y hacia el este de la ciudad predominan profundidades superiores a 5 mbbp.

Hacia el norte-noreste y en correspondencia con las máximas alturas topográficas se presentan los mayores valores de potencial hidráulico, que resultan del orden de 79 msnm, mientras que hacia el sur los valores decrecen hasta 48 msnm, evidenciando una zona de descarga del agua subterránea.

La superficie potenciométrica local adquiere una morfología radial convergente, que define un sentido del flujo subterráneo hacia el cauce del arroyo Pergamino, con gradientes hidráulicos bajos del orden de  $2 \times 10^{-5}$  y  $3 \times 10^{-5}$  (Figura 6).

A partir del cálculo de cota de agua se denota una profundización del nivel en la zona urbana, que provoca la generación de un cono de depresión hacia el centro oeste de la ciudad, con la consecuente inversión del gradiente natural.

Tal situación fue oportunamente señalada por *Bertol de Santos (1987)*, donde refiere la posibilidad de una probable recarga de la freática con agua del arroyo, que se manifestaría través del aumento progresivo de sales observado en pozos cercanos al curso de agua.

### Geoquímica

A partir de la clasificación geoquímica de *Piper Hill (Figura 7)*, se reconocen aguas de composición generalmente bicarbonatada sódica, con menor contenido de sulfatos y cloruros. En menor proporción se identifican aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, que caracterizan los sectores topográficamente elevados o zonas de recarga

Hacia el centro noreste, próximo al arroyo Chu-Chu, se verifica la presencia de una muestra con bajo contenido iónico

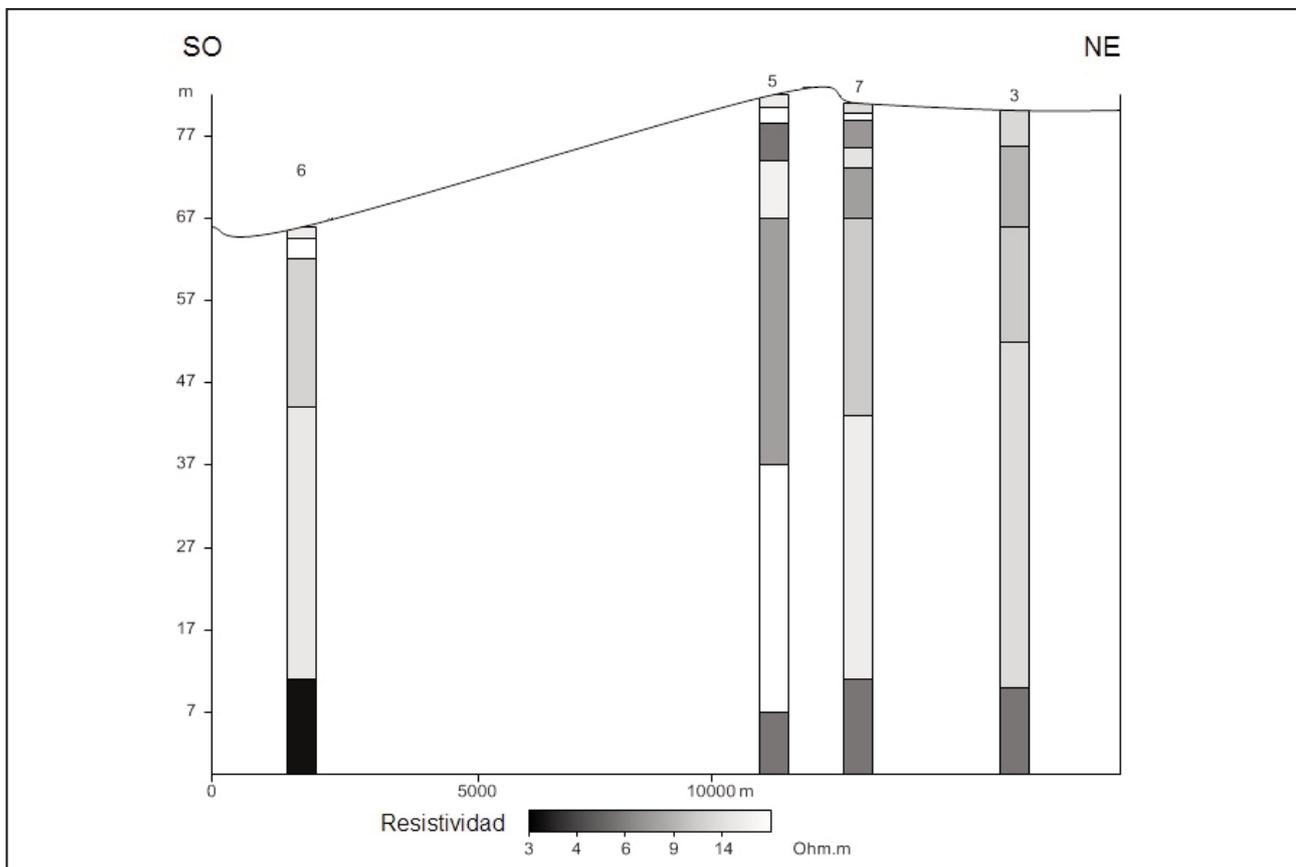


Figura 5. Modelos de SEV integrados en dirección suroeste-noreste.

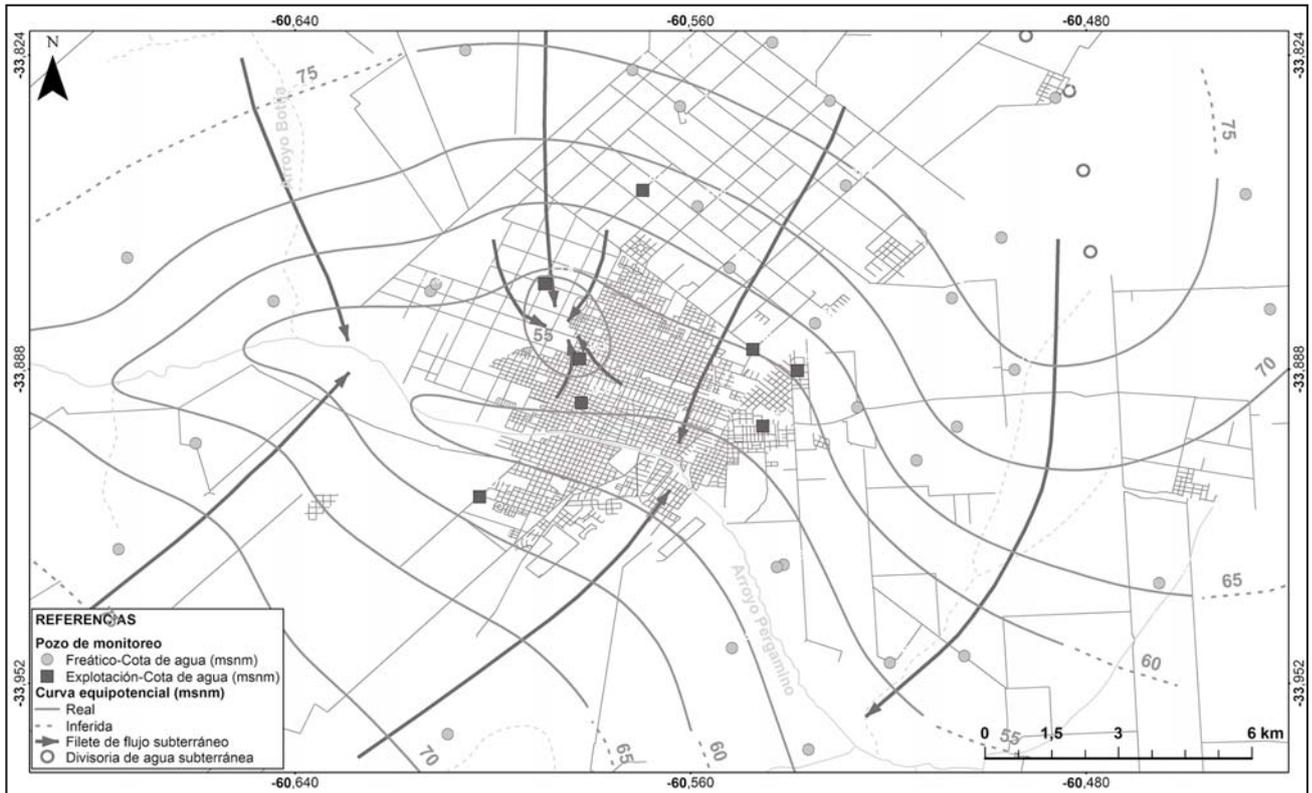


Figura 6. Mapa equipotencial. La superficie potenciométrica local es radial convergente, con un sentido de flujo hacia el arroyo Pergamino.

y escasa proporción de bicarbonatos en relación al resto de los puntos analizados, situación que le confiere características predominantemente sulfatadas sódicas.

En el área urbana se identifican aguas con mayor contenido iónico, de composición bicarbonatada clorurada sódica, similares a las observadas en el Arroyo Pergamino, de condición

predominantemente clorurada sódica y/o magnésica. En general las tres (3) muestras de agua superficial presentan características equivalentes, siendo la del centro levemente superior en cuanto al contenido de sulfatos y cloruros.

El agua del acuífero Puelche denota un elevado contenido iónico y condiciones netamente cloruradas sódicas (Figura 8).

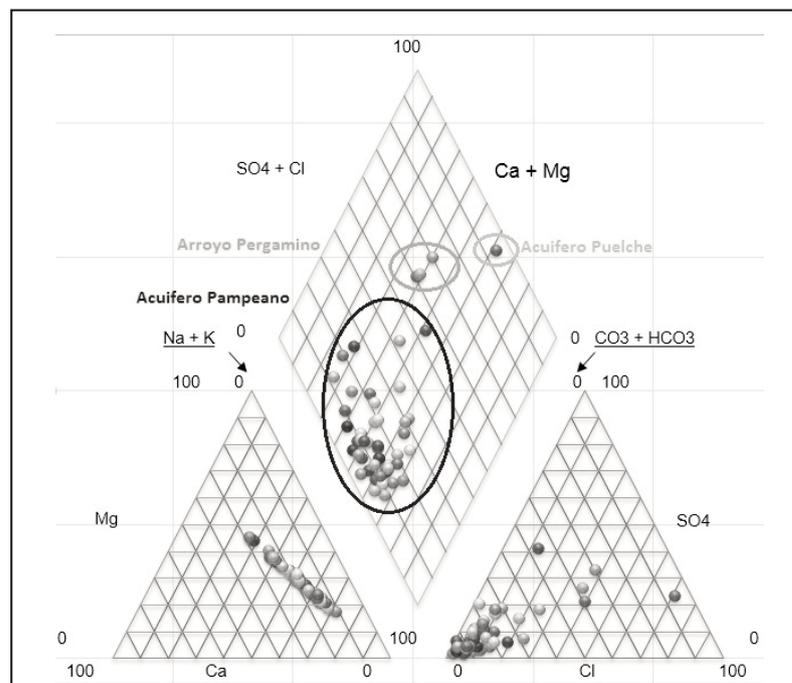


Figura 7. Diagrama de Piper Hill.

# Copia personal de los autores

Ruiz, María Soledad - Perdomo, Santiago - Calahorra Fuertes, Patricia - Ainchil, Jerónimo - Villarreal, Julio

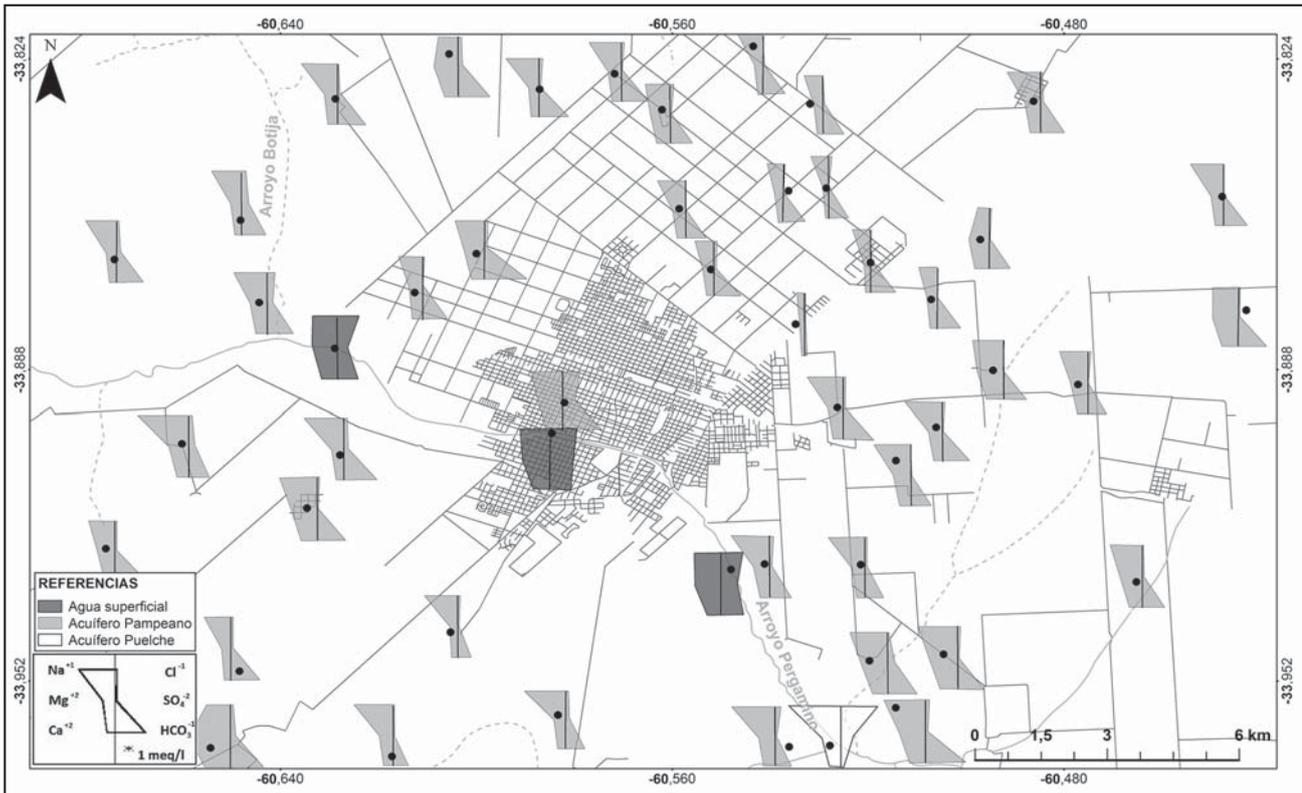


Figura 8. Mapa hidroquímico. El agua del arroyo Pergamino es predominantemente clorurada sódica y/o magnésica, mientras que el agua subterránea del acuífero Puelche es netamente clorurada sódica.

En base a la clasificación de salinidad definida por Davis y Wiest (1967) se reconocen aguas dulces, con contenidos de TDS inferiores a 1000 mg/l. El área de estudio se caracteriza por concentraciones entre 400 mg/l y 700 mg/l, a excepción de

la zona noreste, en proximidad al arroyo Chu-Chu donde se registran valores puntualmente bajos y en el ámbito urbano donde alcanzan máximos de 960 mg/l (Figura 9).

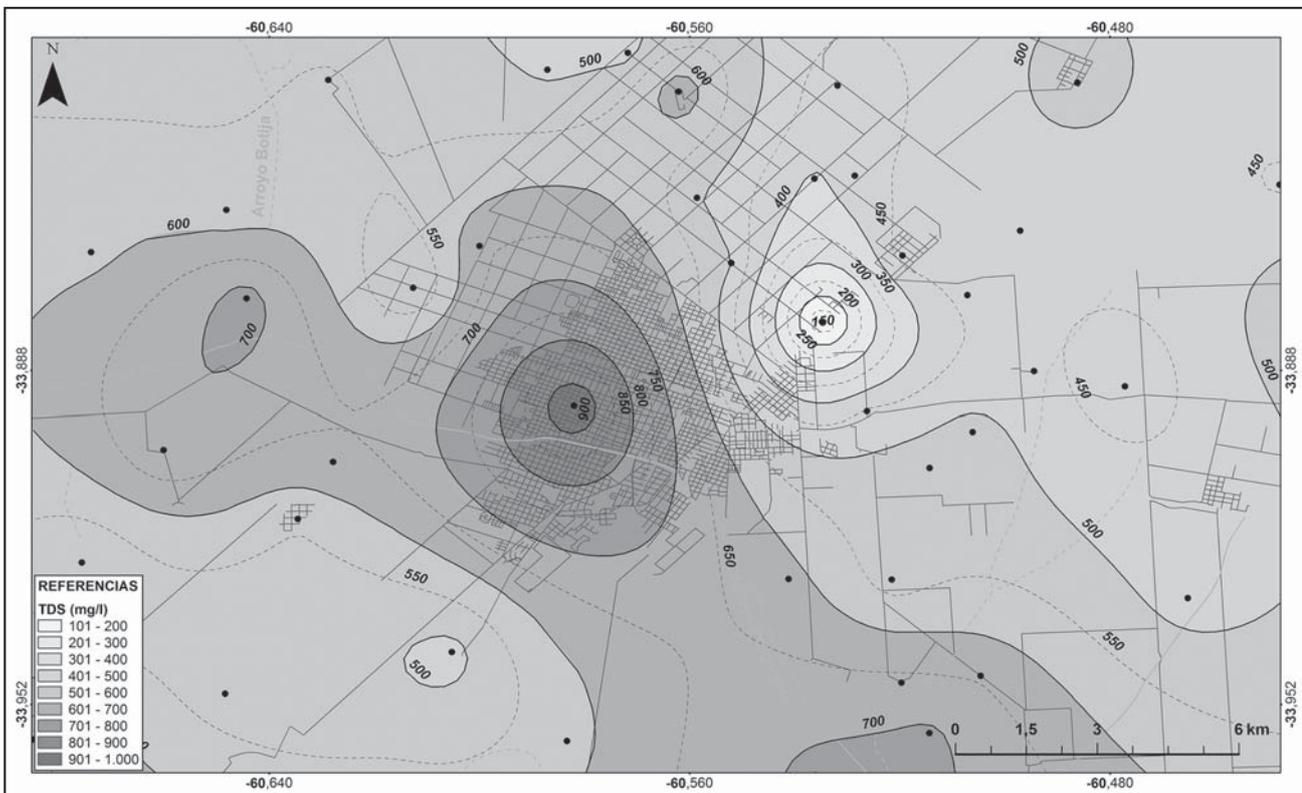


Figura 9. Mapa de isocontenido de sólidos totales disueltos. Los máximos valores se registran en la zona urbana.

La concentración de cloruros varía entre valores de 4 mg/l hasta 80 mg/l y su distribución espacial adquiere una morfología similar a la enunciada para los TDS. Puntualmente se registran contenidos de hasta 156 mg/l que se localizan en el ámbito urbano, en cercanías al cauce del arroyo Pergamino (Figura 10).

En relación al resto de los aniones mayoritarios, las concentraciones de sulfatos oscilan entre 5 mg/l y 95 mg/l con valores máximos de hasta 160 mg/l en la zona urbana.

Los bicarbonatos constituyen el ión dominante en el agua subterránea del acuífero Pampeano con contenidos que varían entre 200 mg/l y 700 mg/l, a excepción de la muestra ubicada en proximidad al arroyo Chu-Chu que presenta 35 mg/l.

La distribución de los iones calcio y magnesio adquiere una configuración espacial semejante, con concentraciones máximas hacia el suroeste y este del área del estudio, mientras que el sodio presenta contenidos mínimos al noreste que se incrementan hacia el sur y oeste.

Respecto a los elementos minoritarios la presencia de nitratos podría atribuirse a la aplicación de fertilizantes, residuos orgánicos o filtración de aguas residuales. Las mayores concentraciones se evidencian en la zona urbana, con valores de hasta 130 mg/l que disminuyen hacia la zona rural, donde varían entre 10 mg/l y 80 mg/l.

El contenido de arsénico en la región se debe fundamentalmente a factores naturales de los sedimentos, compuestos por ceniza y vidrio volcánico que integran el loess pampeano. Los contenidos máximos, del orden de 0,08 mg/l se localizan al suroeste, oeste y noreste del área de estudio, mientras que en la zona urbana y hacia el este disminuyen hasta valores de 0,02 mg/l.

En base al diagrama de clasificación de agua para irrigación se evidencia que, en general, el agua subterránea que caracteriza al acuífero Pampeano presenta óptimas condiciones para riego. Hacia el este y en el centro urbano se evidencian muestras puntuales con un moderado a elevado riesgo de salinización, mientras que al suroeste presentan un moderado riesgo de alcalinización, aunque podrían ser utilizadas bajo ciertas precauciones. Por su parte, el agua del acuífero Puelche no presenta condiciones favorables para riego.

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que los sondeos eléctricos verticales permiten diferenciar las principales unidades del sistema acuífero Pampeano-Puelche en la ciudad de Pergamino. Fue posible identificar el espesor del acuífero Pampeano, y reconocer una base conductiva, que podría indicar la presencia de arcilla o de arenas con agua de elevada salinidad, ambas situaciones son desfavorables para la explotación del recurso para consumo humano.

El análisis de las perforaciones existentes confirma que en la región, el acuífero Pampeano presenta fuertes variaciones laterales en el espesor de las zonas más productivas y que, las capas con mayor contenido de arcilla no se correlacionan entre pozos separados unas centenas de metros. Esto mismo se observa en los modelos propuestos para los SEV, donde las electrocapas superficiales no se corresponden en número o valores de resistividad para sondeos adyacentes.

La metodología implementada permitió confirmar que el acuífero Pampeano se haya integrado por una alternancia de niveles arenosos, limo arcillosos, y arcillosos que le otorgan una variada permeabilidad y le confieren carácter de acuífero multicapa.

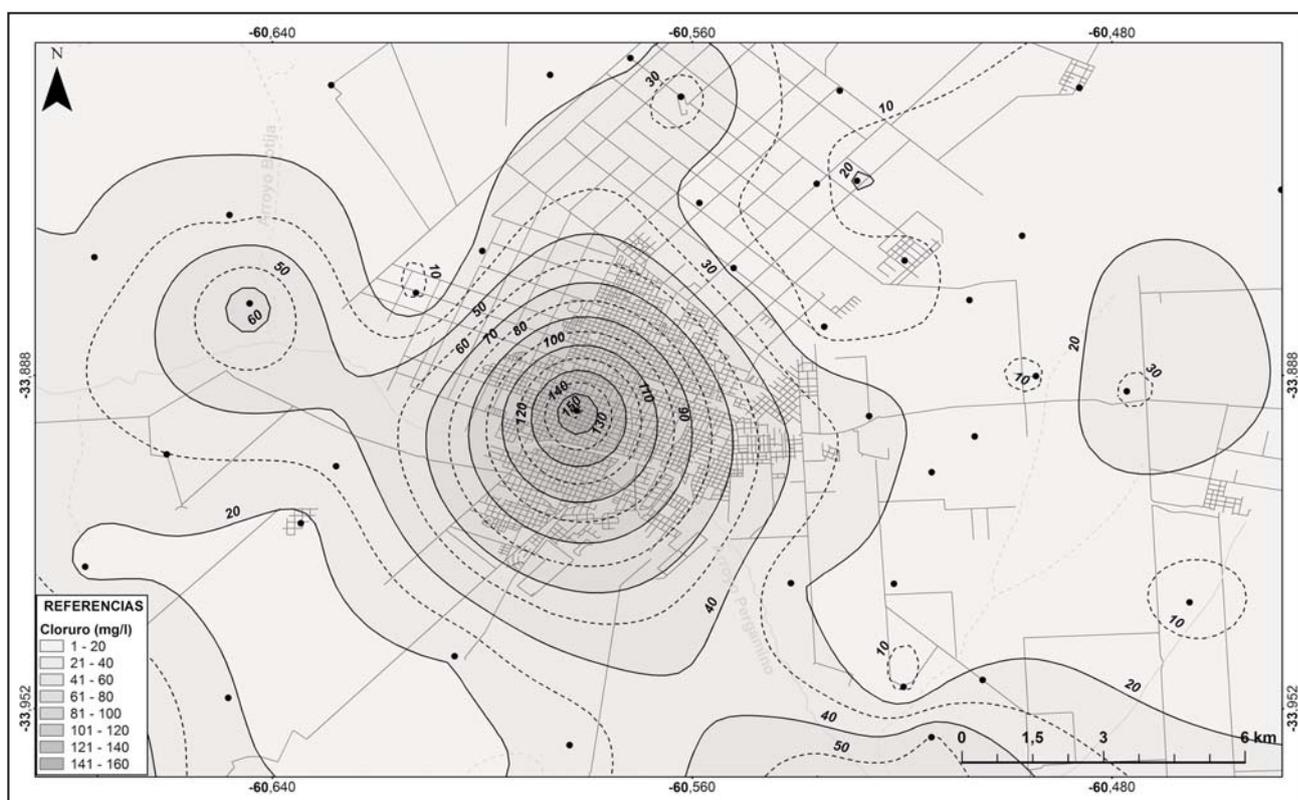


Figura 10. Mapa de isocontenido de cloruros.

La profundidad del nivel freático varía entre 1 mbbp y 8 mbbp, con valores inferiores a 5 mbbp en la zona rural que se profundizan hacia el este y zona urbana. Los valores máximos de altura potenciométrica coinciden con las zonas de mayor altura topográfica hacia el norte-noreste, y decrecen hasta 55 msnm hacia el arroyo Pergamino.

El flujo subterráneo regional presenta una dirección predominante noroeste - sureste, mientras que localmente se observa una morfología radial convergente con sentido al cauce del arroyo. En el área urbana se reconocen valores de altura potenciométrica inferiores en relación al entorno, que definen una zona de descarga puntual, situación que podría haber sido generada por efecto de bombeo en los pozos de explotación cercanos.

La caracterización hidroquímica muestra una predominancia de aguas de composición bicarbonatada sódica, que caracterizan la mayor parte del área de estudio, a bicarbonatadas cálcicas y/o magnésica en los sectores topográficamente elevados.

En la zona urbana se reconocen aguas predominantemente bicarbonatadas cloruradas sódicas que evidencian una

estrecha relación composicional con el agua del arroyo, de características cloruradas sódicas y/o magnésicas.

Los resultados permiten considerar la existencia de una estrecha vinculación entre el agua superficial-subterránea en la zona urbana, manifestada fundamentalmente por la presencia de un cono de depresión y el incremento del contenido salino en cercanías al arroyo.

En base a lo expuesto, se recomienda intensificar los muestreos de agua superficial- subterránea en la zona urbana durante diferentes épocas del año y establecer un seguimiento periódico de las condiciones hidrodinámicas en los pozos e hidrológicas sobre el arroyo, que permitan conocer en detalle el funcionamiento del sistema.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro especial agradecimiento a Darío Selva por importante colaboración en los relevamientos de campo, y al personal de la Dirección de Obras y Servicios Sanitarios de la ciudad de Pergamino.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BERTOL DE SANTOS, M., 1987.  
Informe comisión de estudio. Primera etapa. Pergamino.  
*Obras Sanitarias de la Nación. Gerencia de asistencia y desarrollo. División del recurso hídrico. Informe inédito.*
- BERTOL DE SANTOS, M., 1988.  
Informe comisión de estudio. Segunda etapa. Pergamino.  
*Obras Sanitarias de la Nación. Gerencia de asistencia y desarrollo. División del recurso hídrico. Informe inédito.*
- DAVIS, S. Y DE WIEST, R., 1967.  
Hidrogeología.  
*Ediciones Ariel. Barcelona. España.*
- HEREDIA O.S.; COMESE R.V.; ZUBILLAGA M.S.; CHIRCKES J.D.; GRAZIANO A.L. Y PAGANO E., 2010.  
Caracterización química de las aguas superficial y subterránea de Pergamino (Bs. As.).  
*INA. Instituto Nacional del Agua. Artículo sin referato. Disponible en <http://ina.gov.ar/infra-2014/Eje2/2.17>.*
- JOHANSEN, H., 1975.  
An interactive computer-display-terminal system for interpretation of resistivity soundings.  
*Geophysical Prospecting, 23.*
- LOSINNO, B.; SAINATO, C. Y GIUFFRÉ, L. 2005.  
Propiedades edáficas y del agua subterránea. Riesgos de salinización y sodificación de los suelos, en la zona de Pergamino-Arrecifes.  
*Revista Ciencia del Suelo (23): 1. 47-58 pp.*
- ORELLANA, E., 1982.  
Prospección Geoeléctrica en corriente continua  
(2 ed.). Madrid: Paranainfo.
- REYNOSO, L.Y ANDRIULO, A., 2009,  
Estado actual de la calidad de agua en la cuenca del arroyo Pergamino.  
*INTA. Estación experimental agropecuaria Pergamino. Artículo sin referato. Disponible en <http://inta.gov.ar/documentos/estado-actual-de-la-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-arroyo-pergamino>.*
- REYNOSO, L.; PORTELA, S.Y ANDRIULO, A. 2010,  
Implementación de un sistema de monitoreo de aguas subterráneas en cinco microcuencas del Arroyo Pergamino.  
*I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Azul, Buenos Aires, Argentina. Pp681-688*
- SAINATO, C; GALINDO G.; POMPOSIELLO M.C.Y MALLEVILLE H., 1997.  
Hidrogeología de la cuenca del arroyo Pergamino.  
*Actas de la 190 Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. San Juan, vol 1, p 415.*
- SANTA CRUZ, J. N., 1988.  
Caracterización del recurso hídrico subterráneo con miras al riego complementario en la Región NNE -típica maicera- de la provincia de Buenos Aires.  
*Documento de trabajo N°15. Convenio SAGyP-IICA*

SANTA CRUZ, J. Y SILVA BUSSO A., 1995.

Disponibilidad del agua subterránea para riego complementario en las Provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba y Santa Fe.

*Programa de Servicios Agrícolas Provinciales. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (Argentina), 55p.*

ZOHDY, A., 1989.

A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curve.

*Geophysics, 54(2), 245-253.*



**ASAGAI**

ASOCIACIÓN ARGENTINA  
DE GEOLOGÍA APLICADA  
A LA INGENIERÍA

Relleno de playa en Honu Beach (Mar del Plata, Argentina)

*Bértola, Germán R. - del Río, J. Luis - Farenga, Marcelo*

Ensayo de un sistema de indicadores sincrónico y diacrónico para la determinación de calidad ambiental en playas turísticas de la costa atlántica bonaerense

*del Río, J. L. - Patat, L. - Lucero, M. - Zamora, A. - Moschione, E. - Bó, M.J. - Camino, M. - López de Armentia, A. - Farenga, M.*

Características morfométricas y morfodinámicas de una cuenca hidrográfica de llanura

*Calvi, Carolina - Dapeña, Cristina - Massone, Héctor - Martínez, Daniel*

Identificación y cuantificación de la carga contaminante al acuífero freático en la localidad de Monte Hermoso

*Lexow, Claudio - Di Martino, Claudina - Lafont, Daniela - Albouy, René - Marcos, Angel*

Propuesta para el estudio comparativo del recurso hídrico subterráneo. Ejemplo de caso: cuencas de los arroyos Langueyú y Del Azul

*Barranquero, Rosario Soledad - Varni, Marcelo Raúl - Pardo, Rafael - Vega, Marisol - Zabala, María Emilia  
Ruiz de Galarreta, Víctor Alejandro*

Riesgo hídrico poblacional a la contaminación por efluentes urbanos en Misiones

*Páez Campos, Hugo Ramiro - Dornes, Pablo Fernando*

Dispersión de hidrocarburos disueltos en el acuífero freático a partir de la fase libre no acuosa

*Lexow, Claudio - Pera Vallejos, Guillermo - Tonelli, Stella - Carrica, Jorge*

Caracterización geoelectrónica, hidrodinámica e hidroquímica del acuífero pampeano y su relación con el arroyo Pergamino, provincia de Buenos Aires

*Ruiz, María Soledad - Perdomo, Santiago - Patricia Calahorra, Fuertes - Jerónimo Ainchil - Villarreal, Julio*

Portada: Desarrollo de playas en la Reserva Ecológica Costanera Sur. Fotografía Rubén A. López y Silvia C. Marcomini.

**Revista de Geología  
Aplicada a la Ingeniería  
y al Ambiente**

